

## سنجش میزان غلظت مونواکسید کربن در فضای داخل کابین تاکسی در محدوده مرکزی شهر تهران

دکتر نبی‌الله منصوری<sup>۱</sup>، دکتر محمد رضا مسعودی نژاد<sup>۲</sup>، دکتر محمد علی آموزگار<sup>۳</sup>، بهاره علی پناهی<sup>۴\*</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

<sup>۲</sup> دانشیار، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات ارتقاء ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

<sup>۴</sup> فوق لیسانس رشته مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

### چکیده

**سابقه و هدف:** مونواکسید کربن (CO) گازی بی‌رنگ و بی بو بوده در غلظت‌های بالا، سمی و کشنده و در غلظت‌های کم باعث خستگی، سردرد، سرگیجه و تشنج می‌شود. حدود ۶۰ درصد کل انتشار مونواکسید کربن مربوط به گازهای خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها است. بنابراین در این مطالعه، غلظت مونواکسید کربن در فضای داخل کابین تاکسی‌ها در مناطق پر ترافیک شهر تهران مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. **روش بررسی:** در این مطالعه غلظت مونواکسید کربن در فضای داخل کابین تاکسی‌های سمند، پژو، پراید و پیکان با شرایط مختلف حرکتی، حین حرکت (۳۰-۱۵ کیلومتر در ساعت) سرعت زیاد (۴۵-۳۰ کیلومتر در ساعت)، سرعت کم (۱۵-۵ کیلومتر در ساعت) و توقف (۰ کیلومتر در ساعت)، توسط دستگاه CO متر مدل Q RAE 2 در بهار و تابستان ۱۳۹۰ و در ساعات مختلف در حد فاصل میدان انقلاب تا میدان امام حسین در مسیر خیابان انقلاب اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** در این تحقیق نشان می‌دهد که خودروهای فرسوده (بالتر از ۱۰ سال) دارای آلودگی داخل کابین بیش از ۳ برابر خودروهای غیر فرسوده و بر اساس مقایسه با اندازه‌های گاز مونواکسید کربن در هوای آزاد می‌باشد. همچنین با توجه به آزمایشات انجام شده در اندازه‌گیری میزان مونواکسید کربن محیطی، با کاهش سرعت، میزان مونواکسید کربن افزایش یافته به گونه‌ای که در سرعت کمتر از ۱۵ کیلومتر مقدار مونواکسید کربن از حدود استاندارد (9 ppm) فراتر می‌رود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داده است که همه میانگین‌ها از حد استاندارد ۸ ساعته مونواکسید کربن، توصیه شده توسط مراجع بین‌المللی مانند سازمان بهداشت جهانی (WHO) و EPA و حتی مراجع داخلی شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، بالاتر است. بر اساس مطالعات انجام شده توسط محققین آلمانی در تابستان سال ۱۹۹۵ و زمستان ۱۹۹۶ در فضای داخل کابین تاکسی‌ها مقدار مونواکسید کربن ۴۰ درصد کمتر از نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** مونواکسید کربن، آلودگی هوا، فضای داخل کابین تاکسی، تهران.

### مقدمه

مربوط به گازهای خروجی از اگزوز اتومبیل‌هاست. در مناطق پر ترافیک میزان انتشار گاز مونواکسید کربن مربوط به گازهای خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها می‌باشد. منابع دیگر انتشار مونواکسید کربن فرایندهای صنعتی آتش‌سوزی‌ها و احتراق سوخت در اثر منابع ساکن می‌باشند. حداکثر غلظت مونواکسید کربن اغلب در ماه‌های سرد و یا طی شرایط وارونگی ایجاد می‌شود که طی آن آلاینده‌ها در لایه‌های گرم‌تر و پایین‌تر محصور می‌شوند.

گاز مونواکسید کربن در اثر احتراق ناقص سوخت ایجاد و به هوا منتشر می‌شود حدود ۶۰ درصد کل انتشار مونواکسید کربن

\*آدرس نویسنده مسئول: (e-mail: balipanahi@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۸/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۲

نسبت به مترو و اتوبوس‌های برقی و اتوبوس‌های معمولی بیشتر بوده است. این پژوهش نشان داد که غلظت مونوکسید کربن در مکزیکوسیتی بیشتر از شهرهای مورد مطالعه در تحقیقات قبلی ارائه شده در امریکا می‌باشد.<sup>۴</sup> در سال ۲۰۱۱، تاکسی‌های شهری و آلودگی هوای شهر Harbin کشور چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که برای کاهش آلودگی هوای تاکسی‌های شهری استفاده از چند راهکار مناسب می‌باشد که عبارتند از: ساخت وسایل حمل و نقل برقی و یا استفاده از گاز مایع جزء بهترین گزینه‌ها محسوب می‌شود.<sup>۵</sup> سطح تماس مسافران با گاز مونوکسید کربن با تغییر دادن مسیر در هنگ‌کنگ در سال ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات نشان داد که روزانه ۱۰/۸ میلیون نفر در هنگ‌کنگ در حال سفر بوده که تقریباً ۳/۹۱ میلیون با اتوبوس، ۱/۷۶ میلیون با مینی‌بوس و ۱/۳۱ میلیون با تاکسی سفر کرده و سه نوع سفر، شهر به شهر، شهر به حومه و شهر به روستا وجود داشته است. نتایج نشان داد، سطح مونوکسید کربن در اتوبوس، مینی‌بوس و تاکسی تقریباً حدود ppm ۲/۱، ۹/۸ و ۳/۳ اندازه‌گیری شده است. همچنین سطح مونوکسید کربن بیشتر در نوع سفر شهر به حومه و شهر به شهر بوده است و در نوع شهر به روستا سطح غلظت مونوکسید کربن کمتر است. سطح در معرض قرار گرفتن با مونوکسید کربن در مناطق پر رفت و آمد مسافرت عمومی در هنگ‌کنگ نسبت به دیگر شهرها کمتر بوده است.<sup>۶</sup> مواد معلق، ترکیبات آلی فرار و دیگر آلاینده‌های هوا، در داخل اتومبیل‌های پاترول در فصل پاییز سال ۲۰۰۱ توسط ری‌دیوگر و همکاران در کشور امریکا و در طی ۲۵ شیفت کاری (در ساعت ۳ نیمه شب) و با دو اتومبیل، روزانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین سطح آلاینده‌ها در داخل اتومبیل‌ها در مقایسه با استاندارد کیفیت هوای محیطی، کمتر بوده است. ( $417 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ،  $\text{NO}_2$ ،  $117$ ،  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و  $\text{O}_3$ ، ذرات معلق کمتر از  $2.5$  میکرون و  $27$ ، CO) گزارش شده است. ترکیبات آلی فرار در داخل اتومبیل‌ها در حد ppb بوده است. بیشترین میزان مونوکسید کربن و آلدئیدها و هیدروکربن‌ها در داخل اتومبیل اندازه‌گیری شد و همچنین در کنار خیابان بیشتر از هوای محیطی موجود بود لازم به ذکر است میزان سطح آلاینده‌ها بستگی به حجم ترافیک دارد.<sup>۷</sup>

### مواد و روشها

در این تحقیق از یک دستگاه CO متر مدل QRAE 2 (محصول کشور آمریکا)، استفاده شد. مسیر مورد نظر خیابان انقلاب به عنوان یکی از خیابان‌های مرکزی و پرتردد در شهر تهران در نظر

مونوکسید کربن از طریق شش‌ها به جریان خون راه یافته و فرایند پخش اکسیژن در بدن و رسیدن آن به بافت‌ها را مختل می‌نماید. مونوکسید کربن به دلیل میل ترکیبی بالا برای ترکیب با هموگلوبین خون موجب کاهش ظرفیت اکسیژن‌رسانی خون شده، بدن به منظور رفع این مشکل شروع به تولید گلوبول قرمز می‌نماید. این امر موجب افزایش غلظت و در نتیجه افزایش بیماری‌هایی نظیر سکته قلبی و مغزی می‌شود. برای بیماران قلبی مقادیر غلظت‌های پایین مونوکسید کربن نیز خطرآفرین است. چنانچه غلظت مونوکسید کربن بالاتر باشد، سمی بودن خون را نشان می‌دهد و حتی اشخاص سالم نیز عکس‌العمل نشان می‌دهند. کاهش توان، کاهش تحرک، افت توانایی یادگیری و مشکل در اجرای خواسته‌های متداول اثرات ناشی از افزایش غلظت مونوکسید کربن می‌باشند. بنابراین در این مطالعه، غلظت مونوکسید کربن در فضای داخل کابین تاکسی‌ها در مناطق پرتراфик شهر تهران مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. در سال ۱۹۹۷ در شهر پاریس بر روی تعدادی از رانندگان تاکسی تحقیقاتی صورت گرفت. نتایج نشان داد از بین ۲۹ نفر راننده تاکسی که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند مقادیر غلظت آلاینده‌های دریافتی آنان به ترتیب ppm CO ۳/۸-۲، ذرات معلق  $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -۱۶۴،  $598-625 \mu\text{g}/\text{m}^3$  NO<sub>۲</sub> و  $131-139 \mu\text{g}/\text{m}^3$  بوده است. با توجه به پژوهش‌های بدست آمده در این تحقیق توصیه شد که رانندگان تاکسی در این شهر مورد معاینات پزشکی دوره‌ای قرار گیرند.<sup>۱</sup> غلظت ذرات در اتوبوس و تاکسی در شهر فلورانس ایتالیا در سال ۲۰۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد میزان PM ۲/۵ برای اتوبوس به طور میانگین  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (۵۲-۲۲) و برای تاکسی به طور میانگین  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (۲۹-۱۱) اندازه‌گیری شد.<sup>۲</sup> غلظت مونوکسید کربن و ذرات معلق در مدل‌های مختلف حمل‌ونقل عمومی در نواحی شهر گوانگجو در کشور چین در سال ۲۰۰۲ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد میزان مونوکسید کربن PM ۱۰ و بیشترین میزان غلظت در مدل‌های حمل و نقل عمومی می‌باشند و بیشتر در اتوبوس‌های معمولی ( $203 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) و تاکسی (۲۸/۷ ppm) وجود داشته است و مترو نیز کمترین میزان آلودگی را داشت. تحقیقات نشان داد، سطح آلودگی در ساعات پیک بعد از ظهر کمتر از ساعات پیک صبح بوده است و همچنین شرایط مناسب تهویه نیز از عوامل موثر در میزان غلظت آلاینده‌ها در حمل و نقل، محسوب می‌شود.<sup>۳</sup> تأثیر میزان مواجهه با گاز مونوکسید کربن در افرادی که در رفت و آمد هستند در زمستان ۱۹۹۱ در مکزیکوسیتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت مونوکسید کربن در داخل خودروهای تاکسی

جدول ۱- میانگین غلظت مونواکسید کربن (ppm) در داخل کابین تاکسی در مسیرها و سرعت‌های مختلف در مسیر خیابان انقلاب تهران، در بهار و تابستان ۱۳۹۰

سرعت حرکت	شروع حرکت	قبل از سوار شدن	افزایش سرعت	حین حرکت	کاهش سرعت	توقف در پشت چراغ قرمز	توقف کامل
مسیر حرکت	Km/hr	Km/hr	Km/hr	Km/hr	Km/hr	Km/hr	Km/hr
میدان امام حسین تا پل چوبی	۱۸/۵۷	۱۰/۲۴	۲۱/۱۸	۲۰/۳۵	۲۳/۲۲	۲۳/۹۶	۲۲/۶۴
پل چوبی تا پیچ شمیران	۱۶/۸	۱۳/۶۶	۱۶/۴	۱۷/۲۸	۱۷/۷۱	۲۳	۱۵/۴۳
پیچ شمیران تا دروازه دولت	۱۵/۹۲	۱۰/۶۲	۱۶/۸۳	۱۶/۹۲	۲۰/۳۷	ندارد	۱۸/۸۷
دروازه دولت تا میدان فردوسی	۱۳/۷۸	۱۰/۷۸	۱۵/۹	۱۷/۰۷	۱۸/۶	۱۹/۶۶	۱۸/۷۸
میدان فردوسی تا چهارراه ولی عصر	۱۳/۸۱	۱۰/۳۷	۱۵/۵۵	۱۶/۹۵	۱۹/۲۲	۱۵/۸۳	۱۷/۱۷
چهارراه ولی عصر تا خیابان وصال	۱۸/۷۲	۱۱/۶۶	۲۲/۲۱	۲۰/۳۵	۱۷/۲۵	۱۸	۱۷/۵
خیابان وصال تا میدان انقلاب	۱۶/۱۹	۹/۷۵	۲۰/۶	۲۰/۵۶	۲۰/۱۹	۲۹	۱۹/۶۶

گرفته شد؛ غلظت مونواکسید کربن به روش تصادفی سازی، در فضای داخل کابین ۱۰۳ تاکسی (پیکان، سمند، پژو، پژو رِوآ، ون، پراید) در شرایط مختلف توقف و کار درجا، حرکت با سرعت کم (کمتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت)، سرعت زیاد (۳۰-۴۵ کیلومتر در ساعت) و حین حرکت (۳۰-۱۵ کیلومتر در ساعت) در بهار و تابستان ۱۳۹۰ و در ساعات مختلف (۱۲-۸ و ۱۹-۱۴) اندازه‌گیری انجام گرفت و برای نتیجه‌گیری بهتر داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد.

## یافته‌ها

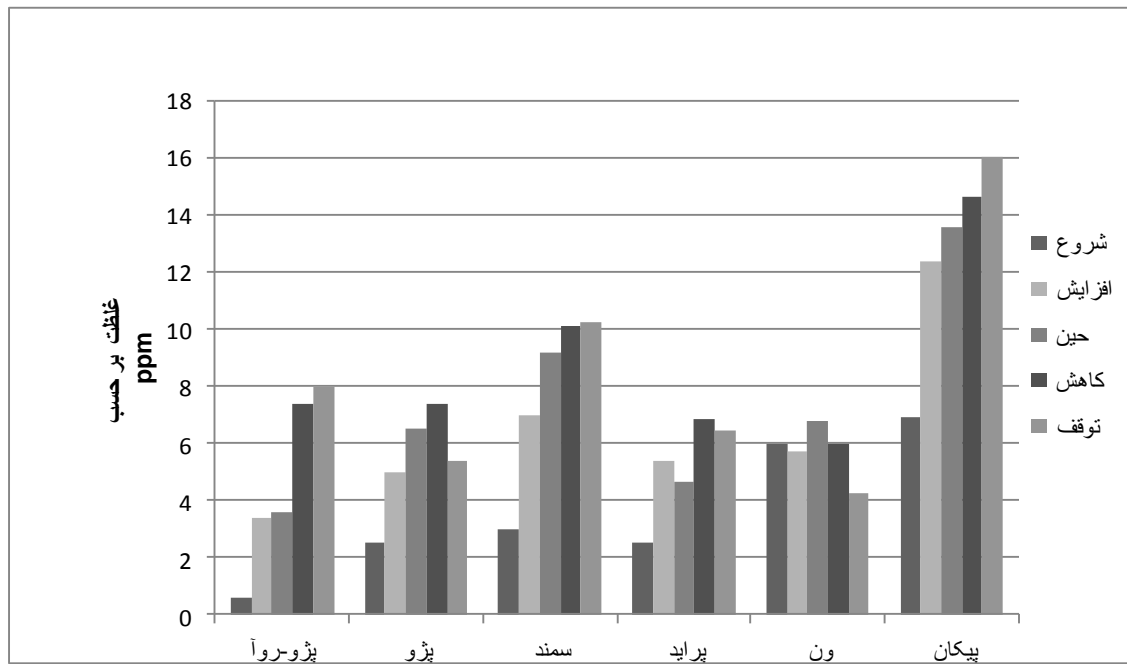
جدول ۱ میانگین اندازه‌گیری غلظت‌های مونواکسید کربن در داخل کابین تاکسی با سرعت‌های مختلف، در بهار و تابستان، در یک مسیر اصلی مرکزی شهر تهران (خیابان انقلاب) در ۷ قطعه مسیر مربوطه را به تفکیک نشان می‌دهد. با توجه به میانگین‌ها همگی از حد استاندارد ۸ ساعته مونواکسید کربن توصیه شده توسط مراجع بین‌المللی مانند WHO و EPA و حتی مراجع داخلی مانند سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، بالاتر است؛ که یکی از علل آن پر ترافیک بودن این منطقه به خصوص در میدانی اصلی مانند انقلاب و امام حسین که میزان غلظت مونواکسید کربن، ۲ تا ۳ برابر بیشتر از استاندارد ۸ ساعته است و همچنین در زمان توقف در پشت چراغ قرمز، بالاترین میزان مونواکسید کربن مشاهده شد و دیگر علل آن شرایط نامناسب خودروها در تهران و بنزین سوز بودن این وسائط نقلیه می‌باشد. در تمامی خودروها با افزایش سرعت، میزان مونواکسید کربن افزایش می‌یابد که ناشی از نزدیکی آگروز به کابین و در نتیجه

اثر مکشی ناشی از حرکت خودروهای شخصی بر روی هوای بیرون و خصوصاً مکش هوای عقب خودرو جایی که خروجی آگروز در آن قرار دارد، غلظت این آلاینده را به شدت و گاهی تا چندین برابر حالت کار در جا افزایش می‌دهد. در بین خودروها، پیکان از آلودگی بیشتر برخوردار می‌باشد به طور میانگین حدود ۱ تا ۱۱ ppm بیشتر، مونواکسید کربن تولید می‌کند؛ و حدود ۴ تا ۵ برابر بیشتر از استاندارد ۸ ساعته می‌باشد (به خصوص در مدل‌های ۷۵-۷۰) که علت آن فرسودگی این خودرو است. خودرو سمند نیز با وجود اینکه نسبت به خودرو پیکان جدیدتر است اما به دلیل سنگین بودن بدنه میزان مونواکسید کربن بیشتری از دیگر مدل‌ها (پراید، ون، پژو، پژو رِوآ) دارد. نکته آخر با بررسی نتایج بدست آمده مشخص می‌شود مقادیر اندازه‌گیری در خودرو ون در حالات مختلف در حد فاصل ۴ تا ۷ ppm بوده و همواره از غلظت ثابتی برخوردار است حال آنکه در سایر خودروها این مقادیر دارای نوسان بیشتری است.

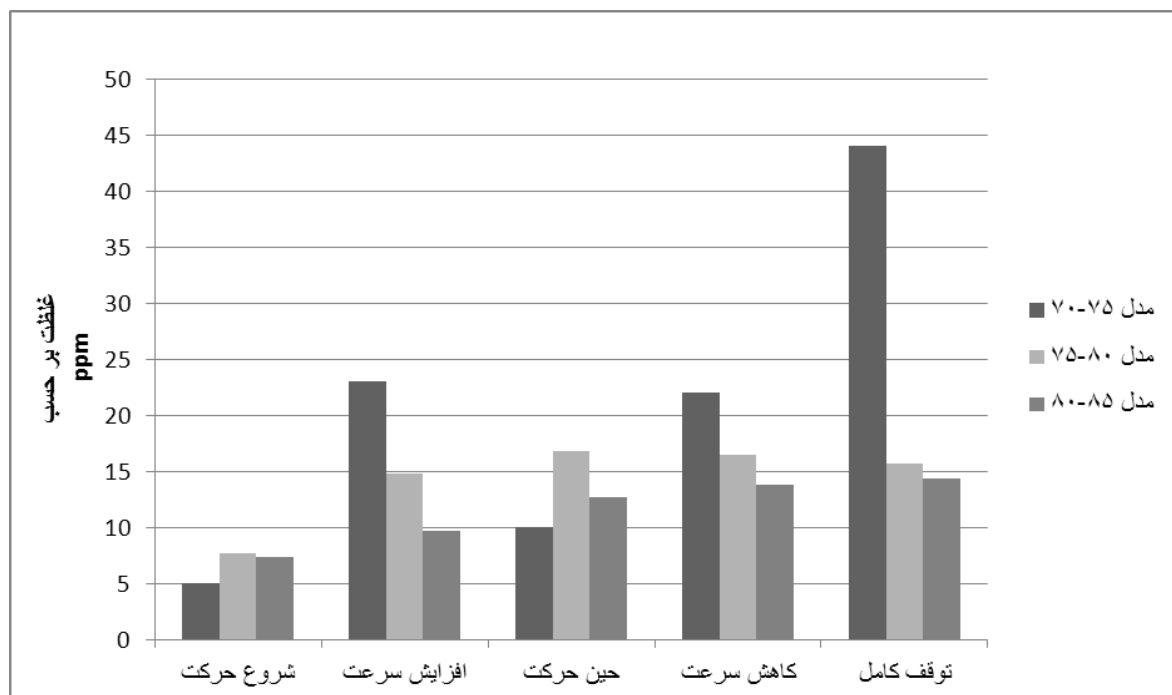
نمودارهای ۱ و ۲ مقایسه میزان غلظت مونواکسید کربن در زمان قبل از سوار شدن با زمان سوار شدن در خودرو (در سرعت‌های صفر تا ۵، ۵ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰) را نشان می‌دهد.

## بحث

در تحقیق حاضر میزان مونواکسید کربن اندازه‌گیری شده تقریباً ۲۳-۱۰ ppm بود. در صورتی که در تحقیقی که در شهر پاریس در سال ۱۹۹۷ صورت گرفت، میزان مونواکسید کربن حدود ۳-۲ ppm گزارش شده است. همچنین در کشور امریکا میزان مونواکسید کربن اندازه‌گیری شده از خودروهای پاترول



نمودار ۱- نمودار میزان افزایش مونواکسید کربن در داخل کابین تاکسی از انواع مختلف، نسبت به زمان قبل از سوار شدن، در مسیر خیابان انقلاب در بهار و تابستان ۱۳۹۰



نمودار ۲- نمودار میزان افزایش مونواکسید کربن در داخل تاکسی پیکان، نسبت به زمان قبل از سوار شدن، در مسیر خیابان انقلاب در بهار و تابستان ۱۳۹۰

بیشتری تولید کرده‌اند، حتی از استاندارد ۸ ساعته (9 ppm) توصیه شده توسط مراجع بین‌المللی مانند WHO و EPA و حتی مراجع داخلی مانند سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، آلودگی بیشتر بوده که

حدود ۲/۷ppm بوده است و در سال ۱۹۹۸ در هنگ‌کنگ نیز میزان مونواکسید کربن اندازه‌گیری شده از تاکسی‌ها حدود ۳/۳ ppm گزارش شده است. بررسی‌ها حاکی از آن است که تاکسی‌ها در این مطالعه حدود ۸ الی ۹ برابر مونواکسید کربن

تاکسی‌ها مونواکسید کربن بیشتری تولید می‌کنند. مخصوصاً خودروهای فرسوده مانند پیکان و خودروهایی که مدل آن‌ها برای سال‌های ۸۰-۷۰ می‌باشند و نیز در زمان توقف به خصوص در پشت چراغ قرمز مونواکسید کربن بیشتری تولید می‌شود.

### تشکر و قدردانی

با توجه به اینکه تحقیق انجام شده مربوط به موضوع پایان نامه می‌باشد لذا از همکاران واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی نهایت قدردانی و تشکر را داشته‌ایم. همچنین از راهنمایی‌های بی دریغ اساتید راهنما و مشاور که همواره پشتیبان بوده‌اند، سپاس داریم.

ناشی از شرایط نامناسب و فرسودگی تاکسی‌ها در تهران و حجم بالای خودرو به خصوص در مرکز شهر می‌باشد<sup>۱،۳،۷</sup> همچنین در شهر گوانگجو کشور چین در سال ۲۰۰۲ میزان مونواکسید کربن در تاکسی‌ها حدود ۲۸/۷ ppm اندازه‌گیری شده است که همانند تاکسی‌ها در تهران، آلودگی بالایی تولید کرده‌اند. مسافران در شهر مکزیکوسیتی نیز مانند مسافران در تهران در مسیر مطالعه شده با آلودگی بالای مونواکسید کربن مواجه می‌باشند<sup>۴،۶</sup>.

### نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان داد که خودروهای تاکسی به دلیل کوچک بودن بدنه و نزدیکی آگروز به اتاقک خودرو، باعث باز شدن مجدد آلودگی به داخل کابین شده و غلظت مونواکسید کربن را بالا می‌برد و همچنین به دلیل بنزین سوز بودن،

### REFERENCES

1. Zagury E, Moullec Y L, Momas I. Exposure of Paris taxi driver to automobile air pollutants within their vehicles. *J Occup Environ Med* 2000;75(6):406-10.
2. Fondelli M, Chellini C, Yli-Tuomi ET. Fine particle concentrations in buses and taxis in Florence, Italy. *Atmos Environ* 2008;42(35):8185-93.
3. Chan LY, Lau WL. Exposure level of carbon monoxide and respirable suspended particulate in public transportation modes while commuting in urban area of Guangzhou. *China Atmosph Environ* 2002;36(28):5831-40.
4. Adrian A, Fernandez-Bremauntz M, Ashmore R. Exposure of commuters to carbon monoxide in Mexico city—I. Measurement of in-vehicle concentrations. *Atmos Environ* 1995;29(4):525-32.
5. An Sh, Hu X, Wang J. Urban taxis and air pollution: a case study in Harbin, China. *J Transp Geog* 2011;19(4):960-7.
6. Chan LY, Liu YM. Carbon monoxide levels in popular passenger commuting modes traversing major commuting routes in Hong Kong. *Atmos Environ* 2001;35(15):2637-46.
7. Riediker M, Williams R, Devlin R, Griggs T, Bromberg P H. Exposure to Particulate Matter, Volatile Organic Compounds, and Other Air Pollutants Inside Patrol Cars. [www.http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es026264y](http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es026264y). Access date: Nov.2012.